



# Прогнозирование развития уросепсиса: предикторы, методики, технологии

К. А. ЕРШОВА\*, Н. В. ШИНДЯПИНА, А. В. КУЛИГИН

Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Российская Федерация

Поступила в редакцию 10.10.2025 г.; дата рецензирования 10.11.2025 г.

РЕЗЮМЕ

**Введение.** В статье представлен анализ современных подходов к прогнозированию развития уросепсиса с акцентом на изучение биомаркеров и методов диагностики. Актуальность исследования определяется высокой частотой встречаемости уросепсиса, который составляет 31,4% среди всех клинических форм сепсиса.

**Цель** – определение диагностической значимости и систематизация биомаркеров уросепсиса при остром гнойном пиелонефrite, выявление существующих противоречий для дальнейшего изучения этой проблемы.

**Материалы и методы.** Проведен систематический обзор литературы с использованием методологии PRISMA for Scoping Reviews (PRISMA-ScR). Поиск осуществлялся в базах PubMed, Cochrane Database of Systematic Reviews и поисковой системы Google Scholar по ключевым словам: «биомаркеры» ИЛИ «цитокины» ИЛИ «экспрессия генов» ИЛИ «интерлейкин-6» И «сепсис» И «синдром системной воспалительной реакции» И «пиелонефрит» («biomarkers» OR «cytokines» OR «gene expression» OR «interleukin-6») AND («sepsis» AND «systemic inflammatory response syndrome» AND «pyelonephritis»). Дата последнего поискового запроса – 30.05.2025. Критериями отбора публикаций для включения в обзор (по методологии PICOD) послужили следующие: (P) популяция – пациенты с уросепсисом на фоне острого гноиного пиелонефрита; (I) вмешательство – прогнозирование развития уросепсиса с использованием биомаркеров; (C) сравнение – пациенты с неосложненным течением острого гноиного пиелонефрита; (O) исходы – развитие сепсиса на фоне острого гноиного пиелонефрита; (D) дизайн исследования – про-/ретроспективные когортные исследования. Критерии исключения: недостаточность релевантных данных или интересующих результатов; дублирующая публикация; неосложненное течение острого (обострения хронического) пиелонефрита; отсутствие полнотекстовой версии публикации; обзоры и метаанализы. Критический анализ качества исследований проведен по шкале Ньюкасла – Оттавы (Newcastle – Ottawa Scale, NOS).

**Результаты.** Отобрано 39 исследований, обобщающих лечение 38021 пациентов. Большинству исследований присвоено более 6 баллов по шкале NOS, что свидетельствовало о высоком качестве исследований. В ходе систематизации полученных данных осуществлена категоризация биомаркеров в соответствии со степенью внедрения их в клиническую практику; по функциональности и по механизму действия.

**Заключение.** Обзор предметного поля позволил установить надежные предикторы развития и течения уросепсиса, которые могут существенно улучшить качество диагностики и лечения.

**Ключевые слова:** сепсис, пиелонефрит, биомаркеры, диагностика, машинное обучение, прецизионная медицина

**Для цитирования:** Ершова К. А., Шиндяпина Н. В., Кулгин А. В. Прогнозирование развития уросепсиса: предикторы, методики, технологии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 6. – С. 107–116. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-107-116>.

## Predicting the development of urosepsis: predictors, techniques, technologies

KARINA A. ERSHOVA\*, NATALIA V. SHINDYAPINA, ALEXANDR V. KULIGIN

V. I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

Received 10.10.2025; review date 10.11.2025

ABSTRACT

**Introduction.** The article presents an analysis of modern approaches to predicting urosepsis development, focusing on biomarker research and diagnostic methods. The study is relevant due to the high prevalence of urosepsis, which accounts for 31.4% of all clinical forms of sepsis.

**The objective** was to determine the diagnostic significance and systematization of biomarkers of urosepsis in acute purulent pyelonephritis, to identify existing contradictions for further study of this problem.

**Materials and methods.** A systematic literature review was conducted using the PRISMA for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) methodology, searching PubMed, Cochrane Database of Systematic Reviews, and Google Scholar with keywords: «biomarkers» OR «cytokines» OR «gene expression» OR «interleukin-6» AND «sepsis» AND «systemic inflammatory response syndrome» AND «pyelonephritis» (last search: May 30, 2025), with inclusion criteria based on PICOD: (P - population) patients with urosepsis due to acute purulent pyelonephritis; (I - intervention) prediction of urosepsis development using biomarkers; (C - comparison) patients with uncomplicated acute purulent pyelonephritis; (O - outcomes) development of sepsis in acute purulent pyelonephritis; (D - study design) prospective/retrospective cohort studies, and exclusion criteria: insufficient relevant data or interesting results, duplicate publications, uncomplicated course of acute (or exacerbation of chronic) pyelonephritis, lack of full-text version, reviews and meta-analyses, with research quality analysis conducted using the Newcastle–Ottawa Scale (NOS).

**Results.** A total of 39 studies involving 38,021 patients were selected, with the majority receiving more than 6 points on the Newcastle–Ottawa Scale (NOS), indicating high-quality research, and during the systematization of the obtained data, biomarkers were categorized according to the degree of their implementation in clinical practice; in terms of functionality and mechanism of action.

**Conclusion.** The findings of the scoping review identified reliable predictors of urosepsis development and progression, which can significantly improve the quality of diagnosis and treatment.

**Keywords:** sepsis, pyelonephritis, biomarkers, diagnostics, machine learning, precision medicine

**For citation:** Ershova K. A., Shindyapina N. V., Kuligin A. V. Predicting the development of urosepsis: predictors, techniques, technologies. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, Vol. 22, № 6, P. 107–116. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-107-116>.

\* Для корреспонденции:  
Карина Анатольевна Ершова  
E-mail: surovcevak@gmail.com

\* Correspondence:  
Karina A. Ershova  
E-mail: surovcevak@gmail.com

## Введение

Процесс диагностики уросепсиса претерпел существенные изменения за последние десятилетия. На начальном этапе диагностика основывалась на клинической симптоматике, базовых лабораторных показателях, инструментальной диагностике. К 2000–2010 гг. постепенно начали внедряться биохимические маркеры (С-реактивный белок, про-кальцитонин), молекулярно-генетические маркеры (определение патогенов методом ПЦР). В настоящее время наблюдается переход к комплексной оценке с использованием современных биомаркеров, применением машинного обучения и созданием прогностических моделей.

В современной клинической практике особую значимость приобретает проблема ранней диагностики уросепсиса при остром гнойном пиелонефrite. Существующие диагностические алгоритмы демонстрируют недостаточную чувствительность и специфичность в отношении прогнозирования развития уросепсиса. Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки новых подходов к диагностике генерализации инфекционного процесса. Выявление групп высокого риска сепсиса позволит оптимизировать лечение урологических больных. Применение ScR-методологии продиктовано необходимостью объективного анализа противоречивых данных о диагностической ценности различных маркеров и формирования объективных выводов.

**Цель** исследования – определение диагностической значимости и систематизация биомаркеров уросепсиса при остром гнойном пиелонефrite, выявление существующих противоречий для дальнейшего изучения этой проблемы.

Для достижения поставленной цели изучили существующие методы предикции генерализации воспаления и бактериальных инфекций, проанализировали их эффективность в прогнозировании осложнений и оценили возможность внедрения этих методов в клиническую практику.

## Материалы и методы

Исследование выполнено в соответствии с заранее разработанным протоколом.

**Критерии соответствия.** По методологии PICOD при формировании обзора предметного поля были установлены следующие критерии отбора публикаций:

- (P) популяция – пациенты с уросепсисом на фоне острого гнойного пиелонефрита;
- (I) вмешательство – прогнозирование развития уросепсиса с использованием биомаркеров;
- (C) сравнение – пациенты с неосложненным течением острого гнойного пиелонефрита;

– (O) исходы – развитие сепсиса на фоне острого гнойного пиелонефрита;

– (D) дизайн исследования – проспективные/ретроспективные когортные исследования.

**Критерии исключения:** недостаточность релевантных данных или интересующих результатов; дублирующая публикация; неосложненное течение острого (обострения хронического) пиелонефрита; отсутствие полнотекстовой версии публикации; обзоры и метаанализы.

**Стратегия поиска и источники информации.** Обзор предметного поля выполняли на основании методологии PRISMA for Scoping Reviews (PRISMA ScR). Двумя авторами (К. А. Ершова, Н. В. Шиндяпина) независимо друг от друга на протяжении мая 2025 г. был проведен систематический поиск релевантных публикаций по исследования в базах данных PubMed, Cochrane Database of Systematic Reviews и поисковой системе Google Scholar с использованием следующей стратегии поиска: «биомаркеры» ИЛИ «цитокины» ИЛИ «экспрессия генов» ИЛИ «интерлейкин-6» И «сепсис» И «синдром системной воспалительной реакции» И «пиелонефрит» («biomarkers» OR «cytokines» OR «gene expression» OR «interleukin-6») AND («sepsis» AND «systemic inflammatory response syndrome» AND «pyelonephritis»).

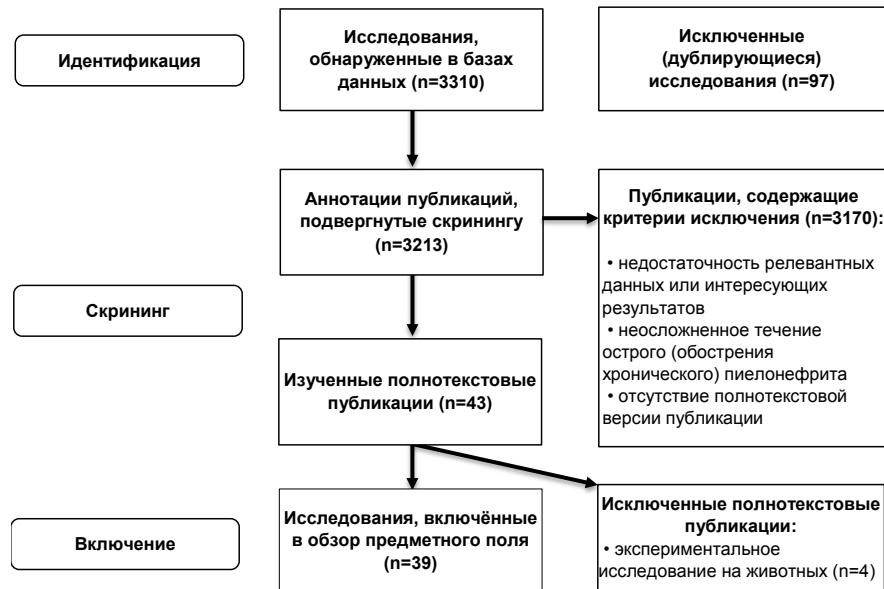
При проведении информационного поиска не устанавливались ограничения по хронологическому и языковому исполнению. Методом расширения выборки стал детальный анализ библиографических данных и цитируемых источников, что способствовало выявлению дополнительных научных работ, ранее не попавших в поле зрения при проведении исследования. Логика поисковой стратегии схематично приведена на рис. 1.

**Процесс извлечения данных.** Два независимых автора рассмотрели и оценили отобранные исследования в соответствии с критериями соответствия.

**Критическая оценка качества выбранных источников.** В процессе анализа научной литературы для каждого включенного исследования были систематизированы следующие данные:

- а) характеристика исследования – фамилия первого автора публикации, страна проведения исследования, год публикации, период исследования, общее количество пациентов, дизайн исследования;
- б) исходные характеристики пациентов и проведенных диагностических и лечебных мероприятий;
- в) результаты исследования – ранняя диагностика тяжелых инфекционных осложнений, продолжительность интенсивной терапии, конечные исходы заболевания.

**Синтез результатов.** Для оценки методологического качества отобранных нерандомизированных когортных исследований применили шкалу



**Диаграмма включения публикаций по методологии PRISMA**  
Flow diagram of the inclusion of publications on the PRISMA methodology

Ньюкасла-Оttавы (Newcastle-Ottawa Scale, NOS). Данная шкала предусматривает балльную систему оценки, где максимально возможное количество баллов составляет 9. Исследования, набравшие 6 и более баллов по данной шкале, классифицировались как обладающие высоким методологическим качеством (рисунок).

## Результаты

**Отбор источников.** В ходе систематического поиска научной литературы были получены следующие результаты: в базе данных PubMed и поисковой системе Google Scholar выявлено 3302 публикации, соответствующих заданным критериям отбора.

На следующем этапе был проведен скрининг аннотаций 3302 публикаций. Из них 38 работ представляли собой обзорные статьи. В результате тщательного отбора в конечный анализ было включено 39 публикаций, посвященных исследованию взаимосвязи биомаркеров с течением и прогнозированием тяжести уросепсиса при остром гнойном пиелонефrite.

**Характеристики источников.** Двумя авторами (К. А. Ершова, Н. В. Шиндяпина) независимо друг от друга произведена оценка качества исследований с использованием шкалы NOS (таблица). В случае расхождения оценок итоговое решение принимал третий автор (А. В. Кулигин). Были получены следующие результаты:

- высокий риск систематической ошибки (5 баллов и менее) продемонстрировали 2 исследования [21, 33];
- средний риск систематической ошибки (6–7 баллов) имели 24 исследования [1–4, 6, 10, 13–15, 17–20, 22, 24–27, 29, 32, 34, 36, 37, 39];
- низкий риск систематической ошибки (8–9 баллов) показали оставшиеся 13 исследований [5, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 23, 28, 30, 31, 35, 38].

В ходе систематизации полученных данных была осуществлена категоризация биомаркеров в соответствии с их характеристиками и механизмами действия.

По степени внедрения в клиническую практику: *традиционные* (прокальцитонин (PCT), С-реактивный белок (CRP), интерлейкины (IL-6, IL-8), липокалин (NGAL), гематологические индексы (NLR, PLR, SII), тромбоцитарные показатели (MPV, PDW), лактат) и *современные* (длинные некодирующие РНК (MALAT1, NEAT1, DSCR4), внеклеточная ДНК, макрофагальный ингибиторный фактор (MIF), пресепсин (sCD14-ST), тканевой фактор на микрочастицах, амфотерин (HMGB1), генетические полиморфизмы).

По функциональности: *диагностические* (PCT, CRP, IL-6, IL-8, NGAL, sCD14-ST, лактат), *прогностические* (гематологические индексы, тромбоцитарные показатели, MIF, HMGB1, тканевой фактор на микрочастицах).

По механизму действия: *воспалительные* (PCT, CRP, IL-6, IL-8, MIF, HMGB1), клеточные (гематологические индексы, тромбоцитарные показатели, тканевой фактор на микрочастицах), *молекулярно-генетические* (MALAT1, NEAT1, DSCR4, внеклеточная ДНК, генетические полиморфизмы, sCD14-ST, NGAL).

## Обсуждение

**Традиционные биомаркеры уросепсиса.** Анализ представленных исследований демонстрирует значительный прогресс в изучении биомаркеров уросепсиса как осложнения острого пиелонефрита. Несмотря на сохраняющуюся значимость традиционных методов диагностики, современные исследования подтверждают, что прокальцитонин и интерлейкины остаются основными маркерами

**Таблица 1. Основные характеристики включенных исследований**  
**Table 1. Baseline characteristics of included studies**

Первый автор, год публикации	Страна	Период исследования	Тип исследования	Размер выборки	NOS
Чернова Ю. Г., 2018 [1]	Россия	Нет данных	ПК	60	7
Al-lateef B. A., 2023 [2]	Ирак	Январь 2021 – декабрь 2021 г.	ПК	200	7
Al Rushood M., 2020 [3]	Кувейт	2017–2019 гг.	РК	150	7
Ambaringrum S. L., 2022 [4]	Индонезия	2017–2019 гг.	РК	300	6
Ambite I., 2025 [5]	Испания, США	2022–2024 гг.	ПК	250	8
Anand D., 2015 [6]	Сингапур	Нет данных	ПК	100	7
Angelova S., 2019 [7]	Болгария	2017–2018 гг.	РК	100	8
Claessens Y. E., 2010 [8]	Франция	2007–2009 гг.	ПК	200	8
Claessens Y. E., 2017 [9]	Франция	2014–2016 гг.	ПК	275	8
Darogha S. N., 2021 [10]	Ирак	Нет данных	РК	150	7
DeBiasi R. L., 2021 [11]	США	Март 2020 – июнь 2020 г.	РК	85	8
Guinard-Barbier S., 2011 [12]	Франция	2008–2010 гг.	ПК	120	8
Gürgöze M. K., 2005 [13]	Турция	Нет данных	ПК	76	7
Hang Z., 2025 [14]	Китай	2020–2023 гг.	РК	150	7
Hernández J. G., 2011 [15]	Швеция	Нет данных	ПК	23	7
Holub M., 2013 [16]	Чехия	Нет данных	ПК	57	8
Lannergård A., 2009 [17]	Швеция	Нет данных	ПК	60	7
Lee G. H., 2018 [18]	Южная Корея	Январь 2012 – июнь 2013 г.	РК	140	7
Levine A. R., 2018 [19]	США	Нет данных	РК	293	6
Mazaheri M., 2021 [20]	Иран	2019–2020 гг.	РК	120	7
Mihaľová M., 2023 [21]	Словакия	Нет данных	ПК	36	5
Min K., 2024 [22]	Южная Корея	2018–2023 гг.	РК	450	7
Nickavar A., 2016 [23]	Иран	2014–2015 гг.	ПК	74	8
Nursanto T. F., 2020 [24]	Индонезия	Нет данных	РК	36	7
Qi T., 2021 [25]	Китай	Апрель 2019 – сентябрь 2019 г.	РК	90	7
Ricaño-Ponce I., 2022 [26]	Испания	2021–2022 гг.	ПК	150	6
Seo D.Y., 2016 [27]	Южная Корея	2013–2015 гг.	ПК	250	7
Shaikh N., 2020 [28]	США	Нет данных	ПК	1200	9
Shen J., 2024 [29]	Китай	2022–2023 гг.	РК	90	7
Su M., 2023 [30]	Китай	2019–2021 гг.	ПК	1200	9
Tambo M., 2020 [31]	Япония	Нет данных	ПК	100	9
Toldi J., 2023 [32]	Венгрия	Нет данных	ПК	50	7
Truong M. H., 2024 [33]	Вьетнам	2022–2024 гг.	РК	150	5
Tsalkidou E. A., 2013 [34]	Греция	Нет данных	ПК	77	7
Van der Starre W. E., 2015 [35]	Нидерланды	Нет данных	РК	787	8
Woei-A-Jin F. J. S. H., 2014 [36]	Бельгия	Нет данных	РК	102	6
Yamashita R., 2023 [37]	Япония	2020–2022 гг.	ПК	120	7
Yang B., 2024 [38]	Китай	Январь 2018 – декабрь 2022 г.	РК	300	8
Zayed K. M. S., 2016 [39]	Египет	Декабрь 2015 – апрель 2016 г.	ПК	150	7

Примечание: РК – ретроспективное когортное исследование; ПК – проспективное когортное исследование; NOS – оценка по шкале Ньюкасла – Оттавы (Newcastle – Ottawa Scale).

в диагностике бактериальных инфекций мочевыводящих путей (табл. 2).

В многочисленных исследованиях прокальцитонин демонстрирует высокую специфичность в прогнозировании инфекций мочевыводящих путей и коррелирует с тяжестью заболевания [14, 19], в то время как IL-6 и IL-8 не всегда позволяют дифференцировать острый пиелонефрит от инфекций нижних мочевыводящих путей [3, 20], однако в сочетании с другими маркерами значительно повыша-

ют диагностическую точность [28]. С-реактивный белок является важным неспецифическим маркером воспаления, который активно используется в диагностике уросепсиса [8]. Он особенно информативен при развитии бактериальной инфекции, хотя его ответ на вирусную инфекцию незначителен.

Стоит отметить, что прокальцитонин более чувствителен и специфичен, чем С-реактивный белок и интерлейкины, для выявления бактериальных инфекций. Он позволяет дифференцировать

**Таблица 2. Некоторые биомаркеры уросепсиса и их дифференциально-диагностический потенциал**  
**Table 2. Selected biomarkers of urosepsis and their differential diagnostic potential**

Биомаркер	Характеристика	Диагностическая ценность	Первый автор, год, страна исследования	Размер выборки
IL-6	Провоспалительный цитокин	Высокая чувствительность при бактериальных инфекциях	Mazaheri M., 2021 [20] Qi T., 2021, Китай [25] Shaikh N., 2020, США [28]	120 90 1500
IL-8	Провоспалительный цитокин	Комбинация с IL-6 повышает диагностическую точность	Mazaheri M., 2021 [20]	120
Прокальцитонин	Маркер бактериальной инфекции	Ранняя диагностика бактериальной инфекции. Оценка эффективности лечения	Darogha S.N., 2021, Ирак [10] Levine A.R., 2018, США [19] Seo D.Y., 2016, Южная Корея [27]	150 293 250
С-реактивный белок	Маркер воспаления	Ранняя неспецифическая диагностика воспаления	Claessens Y.E., 2010, Франция [8]	200
Пресепсин	Маркер бактериальной инфекции	Оценка тяжести состояния. Прогнозирование исхода заболевания	Chernova Y.G., 2018, Россия [1] Claessens Y.E., 2017, Франция [9] Yamashita R., 2023, Япония [37]	60 275 120
Макрофагальный ингибиторный фактор	Иммунный маркер	Оценка прогноза и эффективности лечения	Toldi J., 2023, Венгрия [32]	50
Внеклеточная ДНК	Маркер сепсиса	Оценка бактериальной нагрузки	Mihalová M., 2023, Словакия [21]	36
Длинные некодирующие РНК	Маркер сепсиса	Прогнозирование тяжести	Shen J., 2024, Китай [29]	90
Мультимаркерный подход	Комбинация различных биомаркеров	Повышение точности диагностики	Yang B., 2024, Китай [38]	100

П р и м е ч а н и е: приведенные в таблице цитокины и маркеры могут использоваться как отдельно, так и в комбинации для повышения точности диагностики и прогнозирования исхода заболевания.

бактериальные инфекции от вирусных, так как при последних уровень прокальцитонина обычно не повышается.

*Цитокиновый профиль при уросепсисе.* При развитии уросепсиса наблюдается дисбаланс иммунного ответа, проявляющийся в гиперреактивности врожденных иммунных механизмов на фоне угнетения адаптивных иммунных реакций [5], что проявляется в значительном повышении уровня провоспалительных цитокинов, особенно IL-6 и IL-8 [20], которые демонстрируют высокую чувствительность при диагностике бактериальных инфекций мочевыводящих путей. У детей уровни этих цитокинов не всегда позволяют дифференцировать острый пиелонефрит от инфекций нижних мочевыводящих путей [3], однако в сочетании с другими маркерами воспаления, такими как пресепсин [1, 9, 31, 37] и макрофагальный ингибиторный фактор [32], они могут служить предикторами развития уросепсиса и оценки тяжести состояния.

Дополнительно стоит отметить, что динамика изменения уровней различных цитокинов в сочетании с оценкой соотношения между про- и противовоспалительными факторами позволяет более точно оценить тяжесть инфекции и эффективность проводимого лечения [5]. При этом важно учитывать, что уровень IL-6 может служить предиктором развития уросепсиса после урологических операций [25], а комбинация различных маркеров воспаления обеспечивает более высокую диагностическую точность по сравнению с оценкой отдельных показателей (табл. 2).

*Молекулярные маркеры и генетические факторы.* Современные исследования в области молекулярной диагностики уросепсиса и инфекций мочевы-

водящих путей активно изучают различные молекулярно-генетические маркеры, влияющие на развитие и течение заболевания.

Особое внимание уделяется генетическим полиморфизмам, которые могут предрасполагать к развитию фебрильных инфекций мочевыводящих путей. В частности, исследование W. E. van der Starre et al. [35] демонстрирует, что определенные генетические маркеры в сочетании с уровнем витамина D могут служить факторами риска развития инфекционных осложнений, включая бактериемию.

Одним из перспективных направлений является изучение внеклеточной ДНК в моче как потенциального маркера уросепсиса. Динамика уровня внеклеточной ДНК может отражать тяжесть воспалительного процесса и служить дополнительным диагностическим критерием [21].

Важным направлением является также изучение длинных некодирующих РНК (lncRNAs), таких как MALAT1, NEAT1 и DSCR4, которые могут служить сывороточными биомаркерами для прогнозирования развития уросепсиса и оценки тяжести заболевания [29].

Пресепсин (sCD14-ST) является ранним и специфичным маркером бактериальной инфекции и сепсиса. Он повышается быстрее, чем прокальцитонин и С-реактивный белок, что позволяет раньше идентифицировать инфекционный процесс и начать терапию. Пресепсин не повышается при вирусных инфекциях, что отличает его от некоторых других маркеров [9].

Современные подходы к диагностике все чаще используют мультимаркерные панели в сочетании с методами машинного обучения [38], что позволяет повысить точность диагностики и улучшить

прогнозирование исхода заболевания. Такой комплексный подход учитывает как молекулярные маркеры, так и генетические факторы риска, что открывает новые перспективы в диагностике и лечении уросепсиса.

*Современные диагностические подходы.* Научное сообщество демонстрирует активный прогресс в разработке новых диагностических стратегий для выявления и прогнозирования развития уросепсиса и инфекций мочевыводящих путей, охватывая широкий спектр исследовательских направлений: внедрение машинного обучения для создания прогностических моделей, позволяющих осуществлять раннюю дифференциацию уросепсиса от инфекций мочевыводящих путей [38], разработка алгоритмов, учитывающих комбинацию различных биомаркеров, повышение точности диагностики благодаря анализу больших данных, исследование мультимаркерного подхода, включающего анализ пресепсина как маркера бактериальной инфекции [1, 9, 31, 37], тканевого фактора на микрочастицах, ассоциированного с тяжестью заболевания [36], прокальцитона и интерлейкина-6 для оценки бактериальной нагрузки, макрофагального ингибиторного фактора для прогнозирования исхода [32], применение инновационных методов, таких как анализ внеклеточной ДНК в моче [21], исследование длинных не-кодирующих РНК (lncRNAs) [29], оценка уровня витамина D и генетических полиморфизмов [35], осуществление комплексной оценки состояния пациента через динамическое наблюдение за изменением биомаркеров, комбинацию лабораторных и инструментальных методов, учет клинических данных и анамнеза, развитие перспективных направлений, включая разработку автоматизированных систем диагностики, создание портативных диагностических устройств, внедрение искусственного интеллекта в клиническую практику.

Такой комплексный подход позволяет своевременно прогнозировать развитие уросепсиса, точную оценку тяжести состояния, прогнозирование исхода заболевания, оптимизацию лечебной тактики, снижение риска осложнений. Важно отметить, что современные диагностические методы постоянно совершенствуются, что позволяет своевременно выявлять заболевание и назначать адекватное лечение.

*Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в диагностике уросепсиса.* Алгоритмы машинного обучения позволяют создавать диагностические прогностические модели для калькулезного пионефроза [38], разрабатывать алгоритмы для раннего различения уросепсиса от инфекций мочевыводящих путей [14], проводить классификацию и прогнозирование на основе входных данных, анализировать большие массивы клинических показателей, выявлять скрытые закономерности в данных пациентов, оценивать вероятность различных исходов заболевания, оптимизировать терапевтическую тактику, прогнозировать эффективность лечения, минимизировать риск развития осложнений и улучшать

прогноз заболевания. Интеграция ИИ-технологий позволяет обрабатывать огромные массивы данных и выявлять скрытые закономерности, недоступные при традиционном анализе. Эти возможности делают машинное обучение мощным инструментом в современной медицине, особенно при работе с сложными клиническими случаями, требующими комплексного подхода к диагностике и лечению.

Методологическая база включает следующие типы алгоритмов: методы классификации для определения группы риска, регрессионные модели для прогнозирования тяжести состояния, нейронные сети для анализа сложных взаимосвязей между показателями, алгоритмы кластеризации для выявления групп схожих клинических случаев, методы ансамблирования для повышения точности прогнозов [30].

Перспективными направлениями развития технологий машинного обучения в лечебно-диагностическом процессе являются: создание гибридных моделей, объединяющих различные типы данных; разработка систем раннего предупреждения развития сепсиса; интеграция с электронными медицинскими записями; автоматизация процесса принятия клинических решений; создание персонализированных прогностических моделей [38].

*Ограничения применения:* необходимость качественных обучающих данных; сложность интерпретации результатов работы моделей; риск переобучения моделей; потребность в регулярном обновлении алгоритмов; зависимость от качества входных данных.

*Многокомпонентная диагностика при уросепсисе.* В клинической диагностике уросепсиса и инфекций мочевыводящих путей ключевую роль играет динамическое наблюдение за показателями воспалительного ответа организма, при этом особое внимание уделяется мониторингу таких маркеров, как С-реактивный белок и сывороточный амилоид A, которые позволяют оценить степень воспалительного процесса и эффективность проводимого лечения [17].

Важным аспектом диагностики является анализ гематологических показателей, помогающих прогнозировать развитие септического шока при обструктивном пиелонефрите [22]. В современной практике также активно используются определение уровня прокальцитонина для оценки бактериальной нагрузки [3], измерение концентрации интерлейкина-6 для определения активности воспалительного процесса [20], анализ уровня пресепсина как маркера тяжести сепсиса [37], оценка тканевого фактора на микрочастицах для прогнозирования осложнений [36].

Мониторинг этих показателей в динамике позволяет отслеживать эффективность проводимого лечения, своевременно корректировать терапевтическую тактику, прогнозировать возможные осложнения, оценивать риск развития септического шока, определять необходимость интенсификации терапии [2, 22, 30, 33, 34].

**Таблица 3. Алгоритмы диагностики уросепсиса в зависимости от клинической ситуации**  
**Table 3. Algorithms for diagnosing urosepsis depending on the clinical situation**

Клиническая ситуация	Рекомендуемый алгоритм диагностики	Основные маркеры	Прогноз
Подозрение на острый гнойный пиелонефрит	Базовый алгоритм: Клинический осмотр Общий анализ крови Общий анализ мочи Расширенный б/х анализ крови	Лейкоциты Лейкоцитарная формула С-реактивный белок Прокальцитонин Интерлейкин-6	Низкий риск
Риск развития сепсиса	Расширенный алгоритм: Базовый алгоритм + Прокальцитонин Цитокиновый профиль Пресепсин	Прокальцитонин Интерлейкин-6 Интерлейкин-8 Пресепсин ДНК в моче	Умеренный риск
Тяжелое течение уросепсиса	Комплексный алгоритм: Расширенный алгоритм + Определение внеклеточной ДНК Анализ длинных некодирующих РНК Оценка тканевого фактора Применение ИИ-алгоритмов	Мультимаркерная панель LncRNAs Тканевой фактор	Высокий риск

Особое значение имеет комплексный подход к оценке состояния пациента, включающий регулярный контроль биомаркеров воспаления, динамическое наблюдение за клиническими показателями, анализ результатов инструментальных исследований, учет анамнеза заболевания, оценку ответа на проводимое лечение.

Особенно перспективным является сочетание различных диагностических подходов, что обеспечивает максимальную точность и надежность результатов. В перспективе ожидается дальнейшее развитие персонализированной медицины, где для каждого пациента будет создаваться индивидуальный профиль риска и прогноз течения заболевания на основе комплексного анализа всех доступных маркеров и данных. Такой мультидисциплинарный подход к диагностике и мониторингу позволяет обеспечить максимально эффективное лечение пациентов с уросепсисом, минимизируя риск развития тяжелых осложнений и улучшая прогноз заболевания [10, 13, 14, 18, 24, 28, 33, 38].

#### *Рекомендации по использованию диагностических алгоритмов в клинической практике.*

Схема последовательного применения диагностических методов:

1) первичная оценка (первые 2 часа): сбор анамнеза, клинический осмотр, базовый набор анализов;

2) промежуточная оценка (6–12 часов): анализ биомаркеров, оценка динамики показателей, применение ИИ-моделей;

3) окончательная диагностика (24 часа): комплексная оценка данных, коррекция тактики лечения, мониторинг состояния.

#### *Условия применения ИИ-технологий:*

- обязательное условие: наличие достаточного объема данных;

- предпочтительно: использование в условиях стационара;

- рекомендуется: комбинация с традиционными методами;

- важно: регулярный мониторинг точности предсказаний.

#### *Ограничения применения алгоритмов:*

- базовый алгоритм: недостаточная чувствительность при ранней диагностике;
- расширенный алгоритм: необходимость дополнительного оборудования;
- комплексный алгоритм: высокая стоимость исследования;
- ИИ-технологии: потребность в постоянном обновлении моделей.

Ожидаемые результаты при правильном применении алгоритмов: ранняя диагностика уросепсиса, снижение риска осложнений, оптимизация лечения, улучшение прогноза и исхода заболевания.

*Ограничения обзора.* В данный обзор включены когортные исследования, проведенные на разнородных группах пациентов с уросепсисом. По некоторым характеристикам, например, генетическим полиморфизмам и уровню витамина D, количество доступных публикаций пока недостаточно для формирования окончательных выводов. К ограничениям обзора следует отнести высокую гетерогенность данных в отношении используемых биомаркеров и методов их определения, что затрудняет проведение полноценного синтеза и формирование окончательных заключений о диагностической ценности различных маркеров. По мере накопления данных необходимо проведение систематических обзоров, посвященных оценке отдельных биомаркеров, что позволит определить наиболее эффективные способы диагностики и прогнозирования течения уросепсиса.

#### **Заключение**

Проведенный анализ демонстрирует, что эволюция диагностических и терапевтических подходов к уросепсису и инфекциям мочевыводящих путей характеризуется переходом к персонализированной медицине, основанной на использовании современных биомаркеров и цифровых технологий.

Интеграция мультипараметрического мониторинга воспалительных маркеров, включая прокальцитонин,

пресепсин, интерлейкины и другие биомаркеры, позволила существенно повысить точность диагностики и эффективность терапевтического вмешательства.

Особую значимость приобретает применение алгоритмов машинного обучения, обеспечивающих создание прогностических моделей и оптимизацию

клинических решений на основе анализа больших данных.

Таким образом, трансформация клинического подхода к данным патологиям отражает современную тенденцию к цифровизации медицины и персонализации лечения, что способствует улучшению исходов заболевания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of Interests.** The authors state that he has no conflict of interests.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## ЛИТЕРАТУРА

- Чернова Ю. Г., Неймарк А. И., Момот А. П. Роль пресепсина в оценке тяжести и эффективности лечения гнойного пиелонефрита // Урология. – 2018. – № 5. – С. 22–26. <http://doi.org/10.18565/urology.2018.5.22-26>.
- Al-lateef B. A., Al-shukri M. S. M., Judi M. R. Expression of circulatory interleukin-6 concentration associated with pseudomonas aeruginosa persistence in recurrent urinary tract infections // Medical Journal of Babylon. – 2023. – Vol. 20, № 1. – P. 201–205. [http://doi.org/10.4103/mjbl.mjbl\\_343\\_22](http://doi.org/10.4103/mjbl.mjbl_343_22).
- Al Rushood M., AL-Eisa A., AL-Attiyah R. Serum and urine interleukin-6 and interleukin-8 levels do not differentiate acute pyelonephritis from lower urinary tract infections in children // Journal of Inflammation Research. – 2020. – Vol. 13. – P. 789–897. <http://doi.org/10.2147/jir.s275570>.
- Ambaringrum S. L., Hernaningsih Y., Kusuma E. et al. Cut-off value of procalcitonin in sepsis and septic shock patients at dr. soetomo hospital // Indonesian journal of clinical pathology and medical laboratory. – 2022. – Vol. 28, № 2. – P. 179–184. <http://doi.org/10.24293/ijcpml.v28i2.1827>.
- Ambite I., Chao S. M., Rosenblad T. et al. Molecular analysis of acute pyelonephritis – excessive innate and attenuated adaptive immunity // Life Science Alliance. – 2024. – Vol. 8, № 3. – e202402926. <http://doi.org/10.26508/lsa.202402926>.
- Anand D., Das S., Bhargava S. et al. Procalcitonin as a rapid diagnostic biomarker to differentiate between culture-negative bacterial sepsis and systemic inflammatory response syndrome: A prospective, observational, cohort study // Journal of Critical Care. 2015. – Vol. 30, № 1. – Vol. 218. – e7-218. e12. <http://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.08.017>.
- Angelova S., Salim A., Kisellova-Kaneva Y. et al. Association of mRNA Levels of IL6, MMP-8, GSS in saliva and pyelonephritis in children // Molecules. – 2019. – Vol. 25, № 1. – P. 85. <http://doi.org/10.3390/molecules25010085>
- Claessens Y. E., Schmidt J., Batard E. et al. Can C-reactive protein, procalcitonin and mid-regional pro-atrial natriuretic peptide measurements guide choice of in-patient or out-patient care in acute pyelonephritis? Biomarkers In Sepsis (BIS) multicentre study // Clinical Microbiology and Infection. – 2010. – Vol. 16, № 6. – P. 753–760. <http://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02955.x>.
- Claessens Y. E., Trabattoni E., Grabar S. et al. Plasmatic presepsin (sCD14-ST) concentrations in acute pyelonephritis in adult patients // Clinica Chimica Acta. – 2017. – Vol. 464. – P. 182–188. <http://doi.org/10.1016/j.cca.2016.11.036>.
- Darogha S. N., Azeez S. H., Abdullah Z. G. Evaluation of procalcitonin and interleukin-6 as a marker of bacterial urinary tract infection // Cellular and Molecular Biology. – 2021. – Vol. 67, № 4. – P. 203–213. <http://doi.org/10.14715/cmb/2021.67.4.23>.
- DeBiasi R. L., Harahsheh A. S., Srinivasulu H. et al. Multisystem inflammatory syndrome of children: subphenotypes, risk factors, biomarkers, cytokine profiles, and viral sequencing // The Journal of Pediatrics. – 2021. – Vol. 237. – P. 125–135. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.06.002>.
- Guinard-Barbier S., Grabar S., Chenevier-Gobeaux C. et al. Is mid-regional pro-atrial natriuretic peptide (MRproANP) an accurate marker of bacteremia in pyelonephritis? // Biomarkers. – 2011. – Vol. 16, № 4. – P. 355–363. <http://doi.org/10.3109/1354750x.2011.576769>.

## REFERENCES

- Chernova Y. G. C., Neymark A. I. N., Momot A. P. M. The role of presepsin in the estimation of disease severity and assesment the treatment efficiency in patients purulent pyelonephritis. *Urologija*, 2018, vol. 5, pp. 22–26. (In Russ.). <http://doi.org/10.18565/urology.2018.5.22-26>.
- Al-lateef B. A., Al-shukri M. S. M., Judi M. R. Expression of circulatory interleukin-6 concentration associated with pseudomonas aeruginosa persistence in recurrent urinary tract infections. *Medical Journal of Babylon*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 201–205. [http://doi.org/10.4103/mjbl.mjbl\\_343\\_22](http://doi.org/10.4103/mjbl.mjbl_343_22).
- Al Rushood M., AL-Eisa A., AL-Attiyah R. Serum and urine interleukin-6 and interleukin-8 levels do not differentiate acute pyelonephritis from lower urinary tract infections in children. *Journal of Inflammation Research*, 2020, vol. 13, pp. 789–897. <http://doi.org/10.2147/jir.s275570>.
- Ambaringrum S. L., Hernaningsih Y., Kusuma E. et al. Cut-off value of procalcitonin in sepsis and septic shock patients at dr. soetomo hospital. *Indonesian journal of clinical pathology and medical laboratory*, 2022, vol. 28, no. 2, pp. 179–184. <http://doi.org/10.24293/ijcpml.v28i2.1827>.
- Ambite I., Chao S. M., Rosenblad T. et al. Molecular analysis of acute pyelonephritis – excessive innate and attenuated adaptive immunity. *Life Science Alliance*, 2024, vol. 8, no. 3, e202402926. <http://doi.org/10.26508/lsa.202402926>.
- Anand D., Das S., Bhargava S. et al. Procalcitonin as a rapid diagnostic biomarker to differentiate between culture-negative bacterial sepsis and systemic inflammatory response syndrome: A prospective, observational, cohort study. *Journal of Critical Care*. 2015, vol. 30, no. 1, vol. 218, e7-218.e12. <http://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.08.017>.
- Angelova S., Salim A., Kisellova-Kaneva Y. et al. Association of mRNA Levels of IL6, MMP-8, GSS in saliva and pyelonephritis in children. *Molecules*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 85. <http://doi.org/10.3390/molecules25010085>
- Claessens Y. E., Schmidt J., Batard E. et al. Can C-reactive protein, procalcitonin and mid-regional pro-atrial natriuretic peptide measurements guide choice of in-patient or out-patient care in acute pyelonephritis? Biomarkers In Sepsis (BIS) multicentre study. *Clinical Microbiology and Infection*, 2010, vol. 16, no. 6, pp. 753–760. <http://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02955.x>.
- Claessens Y. E., Trabattoni E., Grabar S. et al. Plasmatic presepsin (sCD14-ST) concentrations in acute pyelonephritis in adult patients. *Clinica Chimica Acta*, 2017, vol. 464, pp. 182–188. <http://doi.org/10.1016/j.cca.2016.11.036>.
- Darogha S. N., Azeez S. H., Abdullah Z. G. Evaluation of procalcitonin and interleukin-6 as a marker of bacterial urinary tract infection. *Cellular and Molecular Biology*, 2021, vol. 67, no. 4, pp. 203–213. <http://doi.org/10.14715/cmb/2021.67.4.23>.
- DeBiasi R. L., Harahsheh A. S., Srinivasulu H. et al. Multisystem inflammatory syndrome of children: subphenotypes, risk factors, biomarkers, cytokine profiles, and viral sequencing. *The Journal of Pediatrics*, 2021, vol. 237, pp. 125–135. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.06.002>.
- Guinard-Barbier S., Grabar S., Chenevier-Gobeaux C. et al. Is mid-regional pro-atrial natriuretic peptide (MRproANP) an accurate marker of bacteremia in pyelonephritis? *Biomarkers*, 2011, vol. 16, no. 4, pp. 355–363. <http://doi.org/10.3109/1354750x.2011.576769>.

13. Gürgöze M. K., Akarsu S., Yilmaz E. et al. Proinflammatory cytokines and procalcitonin in children with acute pyelonephritis // *Pediatric Nephrology*. – 2005. – Vol. 20, № 10. – P. 1445–1448. <http://doi.org/10.1007/s00467-005-1941-6>.
14. Hang Z. Predictive value of procalcitonin for the therapeutic response of patients with uroseptic shock: a retrospective case-control study // *American Journal of Translational Research*. – 2025. – Vol. 17, № 2. – P. 992–1004. <http://doi.org/10.62347/vfff7133>.
15. Hernández J. G., Sundén F., Connolly J. et al. Genetic control of the variable innate immune response to asymptomatic bacteriuria // *PLoS ONE*. – 2011. – Vol. 6, № 11. – e28289. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028289>.
16. Holub M., Lawrence D. A., Andersen N. et al. Cytokines and chemokines as biomarkers of community-acquired bacterial infection // *Mediators of Inflammation*. – 2013. – P. 1–7. <http://doi.org/10.1155/2013/190145>.
17. Lannergård A., Viberg A., Cars O. et al. The time course of body temperature, serum amyloid A protein, C-reactive protein and interleukin-6 in patients with bacterial infection during the initial 3 days of antibiotic therapy // *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*. – 2009. – Vol. 41, № 9. – P. 663–671. <http://doi.org/10.1080/00365540903127417>.
18. Lee G. H., Lee Y. J., Kim Y. W. et al. A study of the effectiveness of using the serum procalcitonin level as a predictive test for bacteremia in acute pyelonephritis // *Kosin Medical Journal*. – 2018. – Vol. 33, № 3. – P. 337–346. <http://doi.org/10.7180/kmj.2018.33.3.337>.
19. Levine A. R., Tran M., Shepherd J. et al. Utility of initial procalcitonin values to predict urinary tract infection // *The American Journal of Emergency Medicine*. – 2018. – Vol. 36, № 11. – P. 1993–1997. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.03.001>.
20. Mazaheri M. Serum Interleukin-6 and Interleukin-8 are sensitive markers for early detection of pyelonephritis and its prevention to progression to chronic kidney disease // *International Journal of Preventive Medicine*. – 2021. – Vol. 12, № 1. – P. 2. [http://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm\\_50\\_19](http://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm_50_19).
21. Mihalova M., Supcikova N., Kovalcikova A. G. et al. Dynamics of urinary extracellular DNA in urosepsis // *Biomolecules*. – 2023. – Vol. 13, № 6. – P. 1008. <http://doi.org/10.3390/biom13061008>
22. Min K., Kim B. S., Ha Y. S. et al. Predicting septic shock in obstructive pyelonephritis associated with ureteral stones: A retrospective study // *Medicine*. – 2024. – Vol. 103, № 31. – e38950. <http://doi.org/10.1097/md.00000000000038950>
23. Nickavar A., Safaeian B., Valavi E. Evaluation and comparison of urinary cytokines for the diagnosis of acute pyelonephritis // *Archives of Pediatric Infectious Diseases*. – 2016. – Vol. 4, № 4. – e38877. <http://doi.org/10.5812/pedinfect.38877>.
24. Nursanto T. F., Soebadi M. A., Soebadi D. M. Comparison of interleukin-6, procalcitonin and c-reactive protein as a diagnostic biomarker in patients urosepsis // *Indonesian Journal of Urology*. – 2020. – Vol. 27, № 2. – P. 122–127. <http://doi.org/10.32421/juri.v27i2.516>.
25. Qi T., Lai C., Li Y. et al. The predictive and diagnostic ability of IL-6 for postoperative urosepsis in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy // *Urolithiasis*. – 2021. – Vol. 49, № 4. – P. 367–375. <http://doi.org/10.1007/s00240-020-01237-z>.
26. Ricaño-Ponce I., Riza A. L., de Nooijer A. H. et al. Characterization of sepsis inflammatory endotypes using circulatory proteins in patients with severe infection: a prospective cohort study // *BMC Infectious Diseases*. – 2022. – Vol. 22, № 1. <http://doi.org/10.1186/s12879-022-07761-0>.
27. Seo D. Y., Jo S., Lee J. B. et al. Diagnostic performance of initial serum lactate for predicting bacteremia in female patients with acute pyelonephritis // *The American Journal of Emergency Medicine*. – 2016. – Vol. 34, № 8. – P. 1359–1363. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.03.062>.
28. Shaikh N., Martin J. M., Hoberman A. et al. Biomarkers that differentiate false positive urinalyses from true urinary tract infection // *Pediatric Nephrology*. – 2019. – Vol. 35, № 2. – P. 321–329. <http://doi.org/10.1007/s00467-019-04403-7>.
29. Shen J., Pan L., Chen W. et al. Long non-coding RNAs MALAT1, NEAT1 and DSCR4 can be serum biomarkers in predicting urosepsis occurrence and reflect disease severity // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2024. – Vol. 28, № 1. – P. 289. <http://doi.org/10.3892/etm.2024.12578>.
30. Su M., Guo J., Chen H. et al. Developing a machine learning prediction algorithm for early differentiation of urosepsis from urinary tract infection // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. – 2022. – Vol. 61, № 3. – P. 521–529. <http://doi.org/10.1515/cclm-2022-1006>.
31. Tambo M., Taguchi S., Nakamura Y. et al. Presepsin and procalcitonin as predictors of sepsis based on the new Sepsis-3 definitions in obstructive acute pyelonephritis // *BMC Urology*. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 1–7. <http://doi.org/10.1186/s12894-020-00596-4>.
32. Toldi J., Kelava L., Marton S. et al. Distinct patterns of serum and urine macrophage migration inhibitory factor kinetics predict death in sepsis: a prospective, observational clinical study // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 588. <http://doi.org/10.1038/s41598-023-27506-6>.
33. Gürgöze M. K., Akarsu S., Yilmaz E. et al. Proinflammatory cytokines and procalcitonin in children with acute pyelonephritis. *Pediatric Nephrology*, 2005, vol. 20, no. 10, pp. 1445–1448. <http://doi.org/10.1007/s00467-005-1941-6>.
34. Hang Z. Predictive value of procalcitonin for the therapeutic response of patients with uroseptic shock: a retrospective case-control study. *American Journal of Translational Research*, 2025, vol. 17, no. 2, pp. 992–1004. <http://doi.org/10.62347/vfff7133>.
35. Hernández J. G., Sundén F., Connolly J. et al. Genetic control of the variable innate immune response to asymptomatic bacteriuria. *PLoS ONE*, 2011, vol. 6, no. 11, e28289. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028289>.
36. Holub M., Lawrence D. A., Andersen N. et al. Cytokines and chemokines as biomarkers of community-acquired bacterial infection. *Mediators of Inflammation*, 2013, pp. 1–7. <http://doi.org/10.1155/2013/190145>.
37. Lannergård A., Viberg A., Cars O. et al. The time course of body temperature, serum amyloid A protein, C-reactive protein and interleukin-6 in patients with bacterial infection during the initial 3 days of antibiotic therapy. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 2009, vol. 41, no. 9, pp. 663–671. <http://doi.org/10.1080/00365540903127417>.
38. Lee G. H., Lee Y. J., Kim Y. W. et al. A study of the effectiveness of using the serum procalcitonin level as a predictive test for bacteremia in acute pyelonephritis. *Kosin Medical Journal*, 2018, vol. 33, no. 3, pp. 337–346. <http://doi.org/10.7180/kmj.2018.33.3.337>.
39. Levine A. R., Tran M., Shepherd J. et al. Utility of initial procalcitonin values to predict urinary tract infection. *The American Journal of Emergency Medicine*, 2018, vol. 36, no. 11, pp. 1993–1997. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.03.001>.
40. Mazaheri M. Serum Interleukin-6 and Interleukin-8 are sensitive markers for early detection of pyelonephritis and its prevention to progression to chronic kidney disease. *International Journal of Preventive Medicine*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 2. [http://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm\\_50\\_19](http://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm_50_19).
41. Mihalova M., Supcikova N., Kovalcikova A. G. et al. Dynamics of urinary extracellular DNA in urosepsis. *Biomolecules*, 2023, vol. 13, no. 6, pp. 1008. <http://doi.org/10.3390/biom13061008>
42. Min K., Kim B. S., Ha Y. S. et al. Predicting septic shock in obstructive pyelonephritis associated with ureteral stones: A retrospective study. *Medicine*, 2024, vol. 103, no. 31, e38950. <http://doi.org/10.1097/md.00000000000038950>
43. Nickavar A., Safaeian B., Valavi E. Evaluation and comparison of urinary cytokines for the diagnosis of acute pyelonephritis. *Archives of Pediatric Infectious Diseases*, 2016, vol. 4, no. 4, e38877. <http://doi.org/10.5812/pedinfect.38877>.
44. Nursanto T. F., Soebadi M. A., Soebadi D. M. Comparison of interleukin-6, procalcitonin and c-reactive protein as a diagnostic biomarker in patients urosepsis. *Indonesian Journal of Urology*, 2020, vol. 27, no. 2, pp. 122–127. <http://doi.org/10.32421/juri.v27i2.516>.
45. Qi T., Lai C., Li Y. et al. The predictive and diagnostic ability of IL-6 for postoperative urosepsis in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy. *Urolithiasis*, 2021, vol. 49, no. 4, pp. 367–375. <http://doi.org/10.1007/s00240-020-01237-z>.
46. Ricaño-Ponce I., Riza A. L., de Nooijer A. H. et al. Characterization of sepsis inflammatory endotypes using circulatory proteins in patients with severe infection: a prospective cohort study. *BMC Infectious Diseases*, 2022, vol. 22, no. 1. <http://doi.org/10.1186/s12879-022-07761-0>.
47. Seo D. Y., Jo S., Lee J. B. et al. Diagnostic performance of initial serum lactate for predicting bacteremia in female patients with acute pyelonephritis. *The American Journal of Emergency Medicine*, 2016, vol. 34, no. 8, pp. 1359–1363. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.03.062>.
48. Shaikh N., Martin J. M., Hoberman A. et al. Biomarkers that differentiate false positive urinalyses from true urinary tract infection. *Pediatric Nephrology*, 2019, vol. 35, no. 2, pp. 321–329. <http://doi.org/10.1007/s00467-019-04403-7>.
49. Shen J., Pan L., Chen W. et al. Long non-coding RNAs MALAT1, NEAT1 and DSCR4 can be serum biomarkers in predicting urosepsis occurrence and reflect disease severity. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2024, vol. 28, no. 1, pp. 289. <http://doi.org/10.3892/etm.2024.12578>.
50. Su M., Guo J., Chen H. et al. Developing a machine learning prediction algorithm for early differentiation of urosepsis from urinary tract infection. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 2022, vol. 61, no. 3, pp. 521–529. <http://doi.org/10.1515/cclm-2022-1006>.
51. Tambo M., Taguchi S., Nakamura Y. et al. Presepsin and procalcitonin as predictors of sepsis based on the new Sepsis-3 definitions in obstructive acute pyelonephritis. *BMC Urology*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 1–7. <http://doi.org/10.1186/s12894-020-00596-4>.
52. Toldi J., Kelava L., Marton S. et al. Distinct patterns of serum and urine macrophage migration inhibitory factor kinetics predict death in sepsis: a prospective, observational clinical study. *Scientific Reports*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 588. <http://doi.org/10.1038/s41598-023-27506-6>.

33. Truong M. H., Ngo T. Q., Nguyen Q. T. et al. The value of hematological indices as predictors of septic shock in acute obstructive pyelonephritis // Biomedical Research and Therapy. – 2024. – Vol. 11, № 6. – P. 6488–6493. <http://doi.org/10.15419/bmrat.v11i6.895>.
34. Tsalkidou E. A., Roilides E., Gardikis S. et al. Lipopolysaccharide-binding protein: a potential marker of febrile urinary tract infection in childhood // Pediatric Nephrology. – 2013. – Vol. 28, № 7. – P. 1091–1097. <http://doi.org/10.1007/s00467-013-2432-9>.
35. Van der Starre W. E., van Nieuwkoop C., Thomson U. et al. Urinary proteins, vitamin d and genetic polymorphisms as risk factors for febrile urinary tract infection and relation with bacteremia: a case control study // PLOS ONE. – 2015. – Vol. 10, № 3. – e0121302. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0121302>.
36. Woei-A-Jin F. J. S. H., van der Starre W. E., Tesselaar M. E. T. et al. Procoagulant tissue factor activity on microparticles is associated with disease severity and bacteremia in febrile urinary tract infections // Thrombosis Research. – 2014. – Vol. 133, № 5. – P. 799–803. <http://doi.org/10.1016/j.thromres.2014.03.007>.
37. Yamashita R., Izumi Y., Nakada K. et al. Utility of urinary presepsin in the diagnosis of pyelonephritis: a cross-sectional study // BMC Infectious Diseases. – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 365. <http://doi.org/10.1186/s12879-023-08353-2>.
38. Yang B., Zhong J., Yang Y. et al. Machine learning constructs a diagnostic prediction model for calculous pyonephrosis // Urolithiasis. – 2024. – Vol. 52, № 1. – P. 96. <http://doi.org/10.1007/s00240-024-01587-y>.
39. Zayed K. M. S., Abdelhakeem A. M., Gafar H. S. et al. Diagnostic value of platelet parameters versus interleukin-6 in children with urinary tract infection // Egyptian Pediatric Association Gazette. – 2016. – Vol. 64, № 3. – P. 142–148. <http://doi.org/10.1016/j.epag.2016.04.002>.
33. Truong M. H., Ngo T. Q., Nguyen Q. T. et al. The value of hematological indices as predictors of septic shock in acute obstructive pyelonephritis. *Biomedical Research and Therapy*, 2024, vol. 11, no. 6, pp. 6488–6493. <http://doi.org/10.15419/bmrat.v11i6.895>.
34. Tsalkidou E. A., Roilides E., Gardikis S. et al. Lipopolysaccharide-binding protein: a potential marker of febrile urinary tract infection in childhood. *Pediatric Nephrology*, 2013, vol. 28, no. 7, pp. 1091–1097. <http://doi.org/10.1007/s00467-013-2432-9>.
35. Van der Starre W. E., van Nieuwkoop C., Thomson U. et al. Urinary proteins, vitamin d and genetic polymorphisms as risk factors for febrile urinary tract infection and relation with bacteremia: a case control study. *PLOS ONE*, 2015, vol. 10, no. 3, e0121302. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0121302>.
36. Woei-A-Jin F. J. S. H., van der Starre W. E., Tesselaar M. E. T. et al. Procoagulant tissue factor activity on microparticles is associated with disease severity and bacteremia in febrile urinary tract infections. *Thrombosis Research*, 2014, vol. 133, no. 5, pp. 799–803. <http://doi.org/10.1016/j.thromres.2014.03.007>.
37. Yamashita R., Izumi Y., Nakada K. et al. Utility of urinary presepsin in the diagnosis of pyelonephritis: a cross-sectional study. *BMC Infectious Diseases*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 365. <http://doi.org/10.1186/s12879-023-08353-2>.
38. Yang B., Zhong J., Yang Y. et al. Machine learning constructs a diagnostic prediction model for calculous pyonephrosis. *Urolithiasis*, 2024, vol. 52, no. 1, pp. 96. <http://doi.org/10.1007/s00240-024-01587-y>.
39. Zayed K. M. S., Abdelhakeem A. M., Gafar H. S. et al. Diagnostic value of platelet parameters versus interleukin-6 in children with urinary tract infection. *Egyptian Pediatric Association Gazette*, 2016, vol. 64, no. 3, pp. 142–148. <http://doi.org/10.1016/j.epag.2016.04.002>.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского,  
410054, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, д. 137*

#### **Ершова Карина Анатольевна**

врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 2 Университетской клинической больницы № 1 имени С. Р. Миротворцева (Клинический центр).

E-mail: surovcevak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4783-9204,  
SPIN: 9972-9532

#### **Шиндяпина Наталия Вячеславовна**

канд. мед. наук, ассистент кафедры скорой неотложной, анестезиолого-реанимационной помощи и симуляционных технологий в медицине.

E-mail: natalek-1111@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7124-3697,  
SPIN: 6186-5930

#### **Кулигин Александр Валерьевич**

д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой скорой неотложной, анестезиолого-реанимационной помощи и симуляционных технологий в медицине, главный внештатный специалист по анестезиологии-реаниматологии Саратовской области.

E-mail: avkuligin@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5705-215X,  
SPIN: 1651-8142

#### INFORMATION ABOUT AUTORS:

*V. I. Razumovsky Saratov State Medical University,  
137, Bolshaya Sadovaya str., Saratov, Russia, 410054*

#### **Ershova Karina A.**

*Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Unit № 2 of the University Clinical Hospital № 1 named after S. R. Mirovtorzev (Clinical Center)  
E-mail: surovcevak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4783-9204,  
SPIN: 9972-9532*

#### **Shindyapina Nataliya V.**

*Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Emergency Medicine, Anesthesiology and Intensive Care, and Simulation Technologies in Medicine.*

*E-mail: natalek-1111@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7124-3697,  
SPIN: 6186-5930*

#### **Kuligin Alexander V.**

*Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Emergency Medicine, Anesthesiology and Intensive Care, and Simulation Technologies in Medicine, Chief External Specialist in Anesthesiology and Intensive Care Medicine of the Saratov Region.*

*E-mail: avkuligin@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5705-215X,  
SPIN: 1651-8142*